

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-207713  
 (43)Date of publication of application : 28.07.2000

(51)Int.CI. G11B 5/39

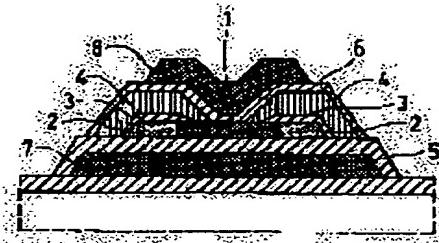
(21)Application number : 11-004857 (71)Applicant : FUJITSU LTD  
 (22)Date of filing : 12.01.1999 (72)Inventor : KONDO REIKO

## (54) THIN FILM MAGNETIC HEAD

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a lead electrode structure for preventing the deterioration in off-track characteristics accompanying an overlaid structure in a thin film magnetic head.

**SOLUTION:** A magneto resistance effect element 1 constituting a thin film magnetic head equipped at least with a reproducing head for detecting the magnetic signal of a recording medium as a reproduction signal, and a pair of terminals 4 are isolated by non-conductive materials 3 except for a part.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**\* NOTICES \***

**Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

**[Claim 1]** The thin film magnetic head characterized by separating a magneto-resistive effect element and a lead electrode of a pair which detect a magnetic signal of said record medium with a non-conductor material except for a part in the thin film magnetic head equipped with the reproducing head which detects a magnetic signal of a record medium as a regenerative signal at least.

**[Claim 2]** The thin film magnetic head according to claim 1 characterized by making a gap of a magnetic-domain control film of said pair larger than a gap of a lead electrode of a up Norikazu pair while preparing a magnetic-domain control film of a pair in both ends of the above-mentioned magneto-resistive effect element.

**[Claim 3]** The thin film magnetic head according to claim 1 or 2 to which a side which counters mutually [ a non-conductor material of a up Norikazu pair ] is characterized by having a less than 90-degree taper angle.

**[Claim 4]** The thin film magnetic head according to claim 3 characterized by thickness of a non-conductor material of a up Norikazu pair being thick as it separates from an admiration band of the above-mentioned magneto-resistive effect element.

**[Claim 5]** The thin film magnetic head according to claim 1 or 2 characterized by constituting a non-conductor material of a up Norikazu pair by insulating material which replaced a part of protective coat of the above-mentioned magneto-resistive effect element.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the thin film magnetic head which has the feature in the configuration for improving the off-track property in the magneto-resistive effect element of exaggerated RAID structure especially used for the reproducing head (read head) of magnetic recording media, such as a hard disk drive (HDD), about the thin film magnetic head.

[0002]

[Description of the Prior Art] It follows on a rise of the request of the miniaturization of the hard disk drive unit which is the external storage of a computer, and large-capacity-izing in recent years. Although it is necessary to raise track recording density and track density in order to further quickly research and development of the hard disk drive unit in which high density magnetic recording is possible and to realize high recording density-ization of such a hard disk drive unit For that purpose, in order to prevent the record blot which becomes causes, such as a cross talk with an adjoining track, as a recording head, the technology for forming more narrowly the core width of face of the light pole of the up magnetic pole point of the thin film magnetic head of an induction type is needed.

[0003] On the other hand, a high output is obtained, without a playback output being dependent on the relative velocity between magnetic-recording data medium and the magnetic head as the reproducing head, and as an arm head for which the magnetic head only for playbacks using a magneto-resistive effect element (MR element) applicable also to a small disk attracts attention and which responds to the request of high-performance-izing in recent years By developing the compound-die thin film magnetic head which compound-ized the magnetic head and the thin film magnetic head of an induction type using such a MR element, and optimizing the record gap of a recording head, and the playback gap of the reproducing head, respectively It is going to realize both improvement in a recording characteristic, and improvement in re-biodegradation ability.

[0004] Here, with reference to drawing 7 , the rough configuration of the conventional compound-die thin film magnetic head is explained.

Drawing 7 reference drawing 7 is the important section fluoroscopy perspective diagram having shown typically the conventional compound-die thin film magnetic head. On the aluminum2 O3-TiC substrate (not shown) used as the parent of a slider aluminum 2O3 The lower magnetic-shielding layer 41 which consists of a NiFe alloy etc. through a film (not shown) is formed. aluminum 2O3 etc., after forming the magneto-resistive effect element 42 which consists of a laminated structure of NiFe, Ti, and CoZrMo etc. through a lower lead gap layer (not shown) and carrying out patterning to a predetermined configuration The electric conduction film which consists of Au etc. is made to deposit on the both ends of the magneto-resistive effect element 42, and the lead electrode 43 is formed.

[0005] subsequently — again — aluminum 2O3 The up magnetic-shielding layer 44 which serves as the lower magnetic pole layer which consists of a NiFe alloy etc. through an up lead gap layer (not shown) is formed. etc. — moreover — aluminum 2O3 etc. — from, while forming the level spiral-like lighting coil 45 through lower interlayer insulation films (not shown), such as a resist,

after preparing the becoming light gap layer (not shown) The light electrode 46 is formed in the both ends, and, subsequently the up magnetic pole layer 47 of the configuration which has the light pole 48 of \*\*\*\* is formed at a tip through the upper layer insulation film (not shown) which consists of a resist etc.

[0006] Subsequently, it is aluminum 2O3 to the whole surface. After preparing a film and considering as a protective coat (not shown), The object for playback which used the magneto-resistive effect element 42 by performing slider processing including the grinding for cutting a substrate and adjusting the length of the light pole 48, i.e., the depth of gap, polishing, etc., i.e., the MR head for a lead. The compound-die thin film magnetic head which compound-ized the object for record, i.e., the thin film magnetic head of the induction type for lights, is obtained.

[0007] In this case, the magnetic flux generated by passing the signal current from the light electrode 46 to a lighting coil 45 will be led to the magnetic pole core which consists of an up magnetic-shielding layer 44 which serves as a lower magnetic pole layer, and an up magnetic pole layer 47, magnetic flux will leak and come out of it outside with the record gap formed of a light gap layer in the about 48 light pole at the tip of the up magnetic pole layer 47, and a signal will be recorded on a record medium. Moreover, the magnetic flux from a record medium can be detected with a magnetic pole core, a signal can also be reproduced, the width of face of the light pole 48 at the tip of the up magnetic pole layer 47 turns into the width of recording track, and surface recording density is prescribed to reverse by this width of recording track.

[0008] On the other hand, the playback principle in an MR head uses the phenomenon in which the electric resistance of the magnetic thin film which constitutes the magneto-resistive effect element 42 changes with the magnetic fields from a record medium, when fixed sense current is passed from the lead electrode 43.

[0009] In magnetic disk drives including such the compound-die thin film magnetic head, since the bit length and the width of recording track on magnetic-recording data medium are becoming narrow rapidly with large capacity-ization and the signal from magnetic-recording data medium is also decreasing in connection with it recently, the further high sensitivity-ization of the reproducing head is demanded.

[0010] Since a Barkhausen noise will occur and a playback output will be sharply changed if MR film does not become a single domain when aiming at such high sensitivity-ization, in order to control the magnetic domain of MR film, the magnetic-domain control film has been prepared, but since the neutral zone accompanying having prepared this magnetic-domain control film serves as a failure of the improvement in sensitivity, this situation is explained with reference to drawing 8 .

[0011] If drawing 8 (a) reference drawing 8 (a) is the rough cross section of the conventional MR head in which the magnetic-domain control film was prepared and it explains in connection with drawing 7 On the aluminum2 O3-TiC substrate 51 used as the parent of a slider, it is aluminum 2O3. The lower magnetic-shielding layer 41 which consists of a NiFe alloy etc. through a film 52 is formed. aluminum 2O3 etc., after forming the magneto-resistive effect element 42 which consists of a laminated structure of NiFe, Ti, and CoZrMo etc. through the lower lead gap layer 53 and carrying out patterning to a predetermined configuration Form the magnetic-domain control film 54 which consists of antiferromagnetic substance films, such as high coercive force films, such as CoCrPt, or PdPtMn, in the both ends of the magneto-resistive effect element 42, subsequently the electric conduction film which consists of W/Ti/Ta multilayers etc. is made to deposit, and the lead electrode 43 is formed.

[0012] subsequently -- again -- aluminum 2O3 etc. -- the basic configuration of an MR head is completed by forming the up magnetic-shielding layer 44 which consists of a NiFe alloy etc. through the up lead gap layer 55.

[0013] However, in order that magnetization of the field of near where the magnetic-domain control film 54 of the both sides of the magneto-resistive effect element 42 touches in this case may fix with the magnetic-domain control film 54, the neutral zone 56 which does not react to a magnetic field from magnetic-recording data medium is generated, and the problem that sufficient sensitivity is no longer obtained by this occurs. Since exaggerated RAID structure is adopted in order to avoid the fall of the sensitivity accompanying such a neutral zone 56, such

an advanced MR head is explained with reference to drawing 8 (b).

[0014] Although drawing 8 (b) reference drawing 8 (b) is the rough cross section of the conventional MR head which adopted exaggerated RAID structure and that of a fundamental configuration is completely the same as that of the MR head of drawing 8 (a) With [ in the case of such an MR head compared with the gap of the lead electrode 43, adopt the structure, i.e., exaggerated RAID structure, where the large gap of the magnetic-domain control film 54 is taken and ] such structure Since a neutral zone 56 keeps away from the lead electrode 43 which detects a playback output, the magneto-resistive effect element 42 of sensitivity will improve enough in response to the magnetic field of magnetic-recording data medium.

[0015] In addition, the spin bulb film etc. is used as a giant magneto-resistance film as a film which constitutes such a magneto-resistive effect element 42 in recent years. For example, although "the magnetic-reluctance sensor (refer to JP,4-358310,A) of the spin bulb effect use" or "the duplex spin bulb magnetic-reluctance sensor (refer to JP,6-223336,A)" is proposed by IBM This magnetometric sensor is equipped with two ferromagnetic layers which was separated by the non-magnetic metal layer and which have not been combined. It has sandwich structure which adheres the antiferromagnetic substance layer represented with FeMn or PdPtMn to one ferromagnetic layer and by which the magnetization M of a ferromagnetic layer is being fixed to it. In the point that a high magneto-resistive effect is acquired to the minute magnetic field from a record medium it is markedly alike, a conventional inductive head or the conventional AMR (Anisotropy Magneto-Resistivity) film is excelled, and it is used as a high sensitivity read head element.

[0016] In this magnetometric sensor, if an external magnetic field is impressed from magnetic-recording data medium etc., since the magnetization direction of the ferromagnetic layer of another side where magnetization is not being fixed, i.e., a free (free) layer, will rotate freely in accordance with an external magnetic field, the magnetization direction and angular difference of the ferromagnetic layer to which magnetization was fixed, i.e., a PINDO (pinned) layer, will be produced.

[0017] Since dispersion for which it depended on the spin of conduction electron depending on this angular difference changes and an electric resistance value changes, by detecting this electric resistance value change as a voltage value change by passing the sense current of constant current, the signal magnetic field from the condition, i.e., magnetic-recording data medium, of an external magnetic field is acquired, and the magnetic-reluctance rate of change of this spin bulb magnetic-reluctance sensor becomes about 5%.

[0018]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the actual MR head, it is mechanically impossible to operate correctly the field between the lead electrodes 43 which detect a playback output on the data-medium truck of magnetic-recording data medium, therefore an MR head and magnetic-recording data medium expect the margin which shifts crosswise [ truck ], and are designed.

[0019] On the other hand, although it is necessary to take a predetermined value also as a property, i.e., an off-track property, when this MR head and magnetic-recording data medium shift crosswise [ truck ] Although a neutral zone 56 keeps away from the field between the lead electrodes 43 when the exaggerated RAID structure shown in drawing 8 (b) is adopted, there is a problem of reading the signal from the field which can react to a magnetic field from magnetic-recording data medium, i.e., the data-medium truck with which an admiration band adjoins.

[0020] Again, since referring to drawing 8 (b), i.e., the admiration band field except the neutral zone 56 of the magneto-resistive effect element 42, has countered not only the data-medium truck 57 for playback but the adjoining data-medium trucks 58 and 59, the signal from these adjoining data-medium trucks 58 and 59 will also be read.

[0021] Moreover, as an arrow head shows current in drawing, in order to flow into an overlap portion from the whole contact portion of the lead electrode 43 and the magneto-resistive effect element 42, The signal from the adjoining data-medium trucks 58 and 59 read with the admiration band is electrically outputted as a signal. It becomes inadequate to specify the gap of the lead electrode 43 to the width of face of the data-medium truck 57, and there is a problem

of it becoming impossible to take a good off-track property.

[0022] Therefore, this invention aims at offering the lead electrode structure of avoiding aggravation of the off-track property accompanying exaggerated RAID structure.

[0023]

[Means for Solving the Problem] Drawing 1 is explanatory drawing of a theoretic configuration of this invention, and explains The means for solving a technical problem in this invention with reference to this drawing 1. In addition, drawing 1 is the rough important section cross section of an MR head and the reproducing head, and the signs 5, 6, 7, and 8 in drawing are a lower lead gap layer, an up lead gap layer, a lower magnetic-shielding layer, and an up magnetic-shielding layer, respectively.

Drawing 1 reference (1) this invention is characterized by separating the magneto-resistive effect element 1 which detects a magnetic signal of a record medium, and the terminal 4 of a pair with the non-conductor material 3 except for a part in the thin film magnetic head equipped with the reproducing head which detects a magnetic signal of a record medium as a regenerative signal at least.

[0024] Thus, although a magnetic signal of a track which adjoins with an admiration band of magneto-resistive effect elements 1 other than a field between the terminals 4 of a pair by separating the magneto-resistive effect element 1 and the terminal 4 of a pair with the non-conductor material 3 except for a part is read, since it is not outputted as a signal output from a terminal 4, a good off-track property is acquired. In addition, in this application, "the thin film magnetic head equipped with the reproducing head at least" means that the compound-die thin film magnetic head to which the laminating of an MR head and the thin film head for lights was carried out, and the thin film magnetic head of only an MR head are included at least.

[0025] (2) Moreover, in the above (1), this invention is characterized by making a gap of the magnetic-domain control film 2 of a pair larger than a gap of the terminal 4 of a pair while it forms the magnetic-domain control film 2 of a pair in both ends of the magneto-resistive effect element 1.

[0026] Thus, by forming the non-conductor material 3 to exaggerated RAID structure, current detection for the exaggerated RAID structured division can be made into the minimum, and a good off-track property that it can respond to reduction of the width of recording track accompanying formation of high density record by it can be acquired.

[0027] (3) Moreover, this invention is characterized by a side which the non-conductor material 3 of a pair counters mutually having a less than 90-degree taper angle in the above (1) or (2).

[0028] Thus, when a side which the non-conductor material 3 of a pair counters mutually gives a less than 90-degree taper angle, the terminal 4 prepared on the non-conductor material 3 of this pair can be deposited without producing poor deposition, such as a stage piece, and it can raise the reliability of a terminal 4.

[0029] (4) Moreover, in the above (3), this invention is characterized by being thick as thickness of the non-conductor material 3 of a pair separates from an admiration band of the magneto-resistive effect element 1.

[0030] Thus, poor deposition of a terminal 4 is certainly avoidable by thickening thickness of the non-conductor material 3 of a pair as it separates from an admiration band of the magneto-resistive effect element 1.

[0031] (5) Moreover, this invention is characterized by constituting the non-conductor material 3 of a pair by insulating material which replaced a part of protective coat of the magneto-resistive effect element 1 in the above (1) or (2).

[0032] A part of protective coat of the magneto-resistive effect element 1, for example, Ta film, is removed for the non-conductor material 3 of a pair. Thus, embed an insulating material or The surface of Ta film is oxidized and it is Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. By constituting with an insulating material formed by changing Since irregularity of a terminal 4 can be lessened while being able to carry out flattening of the surface of the non-conductor material 3 of a pair and being able to prevent poor deposition of a terminal 4 by it, the whole height can be made low.

[0033]

[Embodiment of the Invention] Here, with reference to drawing 2 and drawing 3, the

manufacturing process of the MR head of the gestalt of operation of the 1st of this invention is explained.

Drawing 2 (a) 3 \*\*, first, the sputtering method is used on the aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC substrate 11, and it is aluminum 2O<sub>3</sub> with a thickness of 2 micrometers. Impressing the magnetic field of 100 [Oe] using selection electrolysis plating, after making a film 12 deposit Thickness forms a 1-3 micrometers, for example, 3 micrometers, NiFe film, and considers as the lower magnetic-shielding layer 13. Subsequently The sputtering method is used and thickness is 500A (= 50nm) aluminum 2O<sub>3</sub>. After making a film deposit, The lower lead gap layer 14 is formed and, subsequently the spin bulb film 15 for constituting a magneto-resistive effect element is made to deposit by carrying out patterning to a predetermined configuration by the ion milling method.

[0034] Drawing 2 (b) 3 \*\* as this spin bulb film 15 For example, the sputtering method is used, impressing the magnetic field of 30 [Oe]. The thickness it is thin in a substrate layer For example, after forming the 50A Ta film 16, Thickness for example, the 40A NiFe free layer 17 and thickness The 25ACoFe free layer 18 and thickness for example, for example, the 25A Cu interlayer 19 and thickness For example, the laminating of the 25A CoFe pinned layer 20, the antiferromagnetic substance layer 21 which thickness becomes from the PdPtMn film which is 20-300A, for example, 250A, and the Ta protective coat 22 whose thickness is 60A is carried out one by one, and they are formed. In addition, the presentation of NiFe in this case is nickel81Fe19, and the presentation of CoFe is Co90Fe10, and the presentation of PdPtMn is Pd31Pt17Mn52.

[0035] Subsequently, it considers as the direction of the direct-current magnetic field which impressed the magnetization direction of the antiferromagnetic substance layer 21 which consists of PdPtMn by performing heat treatment of 1 - 3 hours at 230 degrees C in a vacuum, impressing the direct-current magnetic field of 200 kA/m of the direction which intersects perpendicularly with the magnetic field impressed at the time of membrane formation, since the magnetization direction of the CoFe pinned layer 20 is fixed. In addition, the CoFe free layer 18 used as a barrier layer is formed among both, and the free layer is made into two-layer structure so that the counter diffusion between Cu(s) and the NiFe free layers 17 which constitute the Cu interlayer 19 in a 230-degree C heat treatment process in this case may not arise.

[0036] Drawing 2 (c) Subsequently, after removing the outcrop of the spin bulb film 15 by giving ion milling using Ar ion by using a resist pattern 23 as a mask, the CoCrPt film 24 which is a high coercive force film used as a magnetic-domain control film is made to deposit on the whole surface using the sputtering method 3 \*\*, so that it may become thickness comparable as the spin bulb film 15. In addition, the presentation of CoCrPt in this case is Co78Cr10Pt12.

[0037] Drawing 3 (d) 3 \*\*, subsequently to a resist pattern 23 top, after removing the deposited CoCrPt film 24 with a resist pattern 23, by giving ion milling by using a new resist pattern (not shown) as a mask Patterning of the CoCrPt film 24 is carried out to a predetermined configuration, the magnetic-domain control film 25 is formed, subsequently the sputtering method is used again, and thickness is 20nm aluminum 2O<sub>3</sub>. A film 26 is made to deposit.

[0038] Drawing 3 (e) Subsequently it is aluminum 2O<sub>3</sub> 3 \*\* by irradiating Ar ion of a predetermined incident angle from across, after forming the neutral zone of the magnetic-domain control film 25 and the spin bulb film 15 for the resist mask 27 of a wrap configuration. The protection insulator layer 28 is formed by carrying out etching removal so that the side which faced the admiration band of a film 26 may become taper-like. In addition, this taper angle can be controlled by controlling the configuration of a resist pattern 27, the height of a resist pattern 27, the incident angle of Ar ion, etc.

[0039] Drawing 3 (f) After removing a resist pattern 27 3 \*\*, subsequently by the lift-off method using a resist pattern (not shown) thickness One pair of lead electrodes 29 are formed by carrying out the sequential deposition of 10nm Ta film, a 10nm TiW film, and the 80nm Ta film. For example, subsequently Again, thickness is 500A aluminum 2O<sub>3</sub> by the sputtering method. After depositing a film, it considers as the up lead gap layer 30 by carrying out patterning to a predetermined configuration using the ion milling method. Subsequently When thickness forms a 3.8-micrometer NiFe film and considers as the up magnetic-shielding layer 31 with selection electrolysis plating, the basic configuration of the MR head which used the single spin bulb

element as the magneto-resistive effect element is completed.

[0040] Thus, in the gestalt of operation of the 1st of this invention, since the protection insulator layer 28 is formed so that an exaggerated RAID portion may be covered, and insulating separation of except for the lead electrode 29, the original reading field of the spin bulb film 15, and the becoming field is carried out, current detection in an exaggerated RAID portion can be controlled, and an off-track property can be made good by it.

[0041] Moreover, in the gestalt of operation of the 1st of this invention, since the taper is formed in the side which the protection insulator layer 28 counters, in case the lead electrode 29 is deposited by the sputtering method, in the edge of the protection insulator layer 28, neither a stage piece nor a void (\*\*) occurs, therefore the reliability of the lead electrode 29 can be raised.

[0042] Next, with reference to drawing 4, the manufacturing process of the MR head of the gestalt of operation of the 2nd of this invention is explained.

At the completely same production process as the gestalt of the 1st operation of the drawing 4 (a) reference above, it is aluminum 2O3 on the aluminum2 O3-TiC substrate 11. The lower magnetic-shielding layer 13, the lower lead gap layer 14, the spin bulb film 15, and the magnetic-domain control film 25 are formed through a film 12.

[0043] Drawing 4 (b) aluminum 2O3 which thickness subsequently increases by 3 \*\* by forming the resist pattern 32 of the configuration which surrounds the periphery of the magnetic-domain control film 25 for the center section of the spin bulb film 15 with a wrap, and performing sputtering so that it may become a predetermined incident angle as it has a predetermined taper angle and separates from an admiration band The insulating protective coat 33 which consists of a film is formed. In addition, aluminum 2O3 deposited on the resist pattern 32 Illustration is omitted about a film.

[0044] The taper angle in this case can be controlled by controlling the configuration of a resist pattern 32, the height of a resist pattern 32, the incident angle of sputtering material, etc.

[0045] Drawing 4 (c) 3 \*\*, subsequently, after removing a resist pattern 32, the basic configuration of the MR head which used the single spin bulb element as the magneto-resistive effect element is again completed by preparing the lead electrode 29, the up lead gap layer 30, and the up magnetic-shielding layer 31 of a pair according to the completely same production process as the gestalt of the 1st operation of the above.

[0046] Thus, also in the gestalt of operation of the 2nd of this invention, since the protection insulator layer 33 is formed so that an exaggerated RAID portion may be covered, and insulating separation of except for the lead electrode 29, the original reading field of the spin bulb film 15, and the becoming field is carried out, current detection in an exaggerated RAID portion can be controlled, and an off-track property can be made good by it.

[0047] Moreover, it sets in the gestalt of operation of the 2nd of this invention. Since thickness is made to increase while forming a taper in the side which the protection insulator layer 33 counters as it separates from an admiration band In case the lead electrode 29 is deposited by the sputtering method, the stage piece and void (\*\*) in an edge of the protection insulator layer 33 can control generating more certainly, therefore the reliability of the lead electrode 29 can be raised. In addition, a possibility that it may be inferior to the gestalt of the 1st operation of the above a little has the controllability and reliability of thickness of a taper start of region in this case, and the field where current flows may expand them a little in connection with it. [ of a field ]

[0048] Next, with reference to drawing 5, the manufacturing process of the MR head of the gestalt of operation of the 3rd of this invention is explained.

At the completely same production process as the gestalt of the 1st operation of the drawing 5 (a) reference above, it is aluminum 2O3 on the aluminum2 O3-TiC substrate 11. The lower magnetic-shielding layer 13, the lower lead gap layer 14, the spin bulb film 15, and the magnetic-domain control film 25 are formed through a film 12.

[0049] Drawing 5 (b) subsequently 3 \*\* by forming the resist pattern 34 of a wrap configuration for a center section and the edge of the magnetic-domain control film 25 of the spin bulb film 15, and giving ion milling It is aluminum 2O3 about this removal portion after removing the Ta

protective coat 22 prepared in the topmost part of the spin bulb film 15. By embedding a film by sputtering, the surface is flat and the protection insulator layer 35 which was mostly in agreement with the height of the center section of the spin BURUBU film 15 is formed. In addition, aluminum 2O3 deposited on the resist pattern 34 illustration is omitted about a film.

[0050] Drawing 5 (c) 3 \*\*, subsequently, after removing a resist pattern 34, the basic configuration of the MR head which used the single spin bulb element as the magneto-resistive effect element is again completed by preparing the lead electrode 29, the up lead gap layer 30, and the up magnetic-shielding layer 31 of a pair according to the completely same production process as the gestalt of the 1st operation of the above.

[0051] Thus, also in the gestalt of operation of the 3rd of this invention, since the protection insulator layer 35 is formed so that an exaggerated RAID portion may be covered, and insulating separation of except for the lead electrode 29, the original reading field of the spin bulb film 15, and the becoming field is carried out, current detection in an exaggerated RAID portion can be controlled, and an off-track property can be made good by it.

[0052] Moreover, in the gestalt of operation of the 3rd of this invention, since the surface of the protection insulator layer 35 is evenly made mostly in agreement with the height of the center section of the spin BURUBU film 15, when depositing the lead electrode 29 by the sputtering method, irregularity can be formed for the lead electrode 29 few, and the whole height can be made low by it.

[0053] Subsequently, with reference to drawing 6, an MR head is explained for the gestalt of operation of the 4th of this invention.

Although drawing 6 reference drawing 6 is the rough cross section of the MR head of the gestalt of operation of the 4th of this invention, and that manufacturing process abbreviates explanation to the gestalt of the 1st operation of the above except not preparing a magnetic-domain control film since it is substantially the same, the focus of the gestalt of operation of the 4th of this invention forms the spin bulb film 36 for a long time by the truck cross direction, without preparing a magnetic-domain control film.

[0054] That is, by forming the spin bulb film 36 for a long time by the truck cross direction, the magnetization direction of the spin bulb film 36 can be specified crosswise [ truck ] with sufficient repeatability, and generally, since the magnetization property of a ferromagnetic has a configuration dependency and it becomes easy to be magnetized along a long and slender direction, even if it does not prepare a magnetic-domain control film by it, single domain-ization is attained.

[0055] It is necessary to acquire the good off-track property that it can respond to reduction of the width of recording track accompanying a raise in recording density. Also in this case, to eye others Limit the electrical installation field of the lead electrode 29 and the spin bulb film 36 by forming the protection insulator layer 28, and since insulating separation of except for the original reading field of the spin bulb film 36 and the becoming field is carried out Even if it reads the record magnetic field of the truck which adjoins in addition to an original reading field and the becoming field, it is not outputted from the lead electrode 29 as a signal output, and an off-track property can be made good.

[0056] As mentioned above, although the gestalt of each operation of this invention has been explained, this invention is not restricted to the configuration indicated in the gestalt of each operation, and various kinds of modification is possible for it. For example, in explanation of the gestalt of each above-mentioned operation, although NiFe constitutes the lower magnetic-shielding layer 13 and the up magnetic-shielding layer 31 using selection electrolysis plating It is what may use CoFeNiS which is the small soft magnetism film of coercive force like NiFe, and CoFe. It is what may carry out patterning by the ion milling method after making it deposit on the whole surface with electrolysis plating also as the membrane formation method. Patterning may be carried out by lift off using the sputtering method, and further, after making it deposit on the whole surface, patterning may be carried out by the ion milling method. In addition, when using electrolysis plating, it is desirable to prepare a plating base layer beforehand.

[0057] Moreover, it is aluminum 2O3 as the substrate insulator layer prepared on the aluminum2 O3-TiC substrate 11 in explanation of the gestalt of each operation of this invention, the

protection insulator layers 28, 33, and 35, the lower lead gap layer 14, and an up lead gap layer 30. Although used aluminum 2O3 It is not restricted and is SiO2. You may not use, and it is not restricted to the sputtering method as a forming-membranes method, and vacuum deposition or a CVD method may be used.

[0058] Moreover, in explanation of the gestalt of each operation of this invention, although the spin bulb film 15, i.e., the single spin bulb element which consists of NiFe/CoFe/Cu/CoFe/PdPtMn, is used as a magneto-resistive effect element, it is not restricted to such a single spin bulb element, and the single spin bulb element of other laminated structures, such as NiFe/Cu/NiFe/FeMn, may be used, for example, a double spin bulb element may be used further.

[0059] Moreover, the element which has the ferromagnetic tunnel junction structure which transposed the Cu interlayer 19 in the artificial grid film or spin bulb film of the [CoFe/Cu] 10 grade made to deposit ten periods by turns to the tunnel insulator layer for an anisotropy magneto-resistive effect film, CoFe, and Cu(s), such as NiFe, may be used instead of the spin bulb film 15 as a magneto-resistive effect element.

[0060] Moreover, in explanation of the gestalt of each above-mentioned operation, as a magnetic-domain control film, although CoCrPt of a high coercive force film is used, it is not restricted to CoCrPt, other high coercive force films, such as CoPt and CoCr, may be used, and antiferromagnetic substance films, such as PdPtMn, may be used further.

[0061] Moreover, what is necessary is not to be restricted to such a presentation ratio and just to choose a presentation ratio suitably as NiFe, CoFe, PdPtMn, and CoCrPt, in the gestalt of each above-mentioned operation, according to magnetic properties, a working characteristic, etc. to need, respectively, although nickel81Fe19, Co90Fe10, Pd31Pt17Mn52, and Co78Cr10Pt12 are used.

[0062] Moreover, in explanation of the gestalt of each operation of above-mentioned this invention, although the Ta/TiW/Ta laminated-structure film is used as a lead electrode 29, it is not restricted to such a laminated-structure film, and Au film may be used, or independent W film and Ta film may be used.

[0063] Moreover, although the aluminum2 O3-TiC substrate is used as a substrate in explanation of the gestalt of each operation of above-mentioned this invention, it is SiO2 to the surface. Si substrate in which the film was formed, or substrates, such as a glass substrate, may be used.

[0064] Moreover, it is aluminum 2O3 to the removal section after removing a part of Ta protective coat [ at least ] 22 which formed the protection insulator layer 35 in the maximum upper layer of the spin bulb film 15 in the gestalt of the 3rd operation of the above. Although a film is made to deposit and being formed The Ta protective coat 22 is oxidized and it is Ta 2O5. As a film, it is this Ta 2O5. It is good also considering a film as a protection insulator layer, and in order to carry out flattening of the whole surface in this case, it is desirable to oxidize, after removing a part of Ta protective coat 22.

[0065] Moreover, although the gestalt of the 4th operation of the above is equivalent to the gestalt of the 1st operation of the above, as a formation production process of a protection insulator layer, it is not restricted to an above-mentioned configuration and may be formed by the same manufacturing process as the gestalt of the 2nd operation of the above, or the gestalt of the 3rd operation.

[0066] Moreover, in explanation of the gestalt of each operation of this invention, although explained as independent MR head structure, this invention is not restricted to such an independent MR head, and is applied also to the compound-die thin film magnetic head which carried out the laminating to the thin film magnetic head of an induction type as shown in drawing 7 .

[0067]

[Effect of the Invention] Since insulating separation of except for the original reading field of the magneto-resistive effect element which constitutes the thin film magnetic head, and the becoming field, and the lead electrode is carried out according to this invention Since current detection of the overlap portion which can control current distribution and poses a problem with exaggerated RAID structure by it can be made into the minimum The place which can acquire

the good off-track property that it can respond to reduction of the width of recording track accompanying a raise in recording density, as a result contributes to the spread of the HDD equipment of high recording density is large.

---

[Translation done.]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-207713

(P2000-207713A)

(43)公開日 平成12年7月28日(2000.7.28)

(51)Int.Cl'

G 11 B 5/39

識別記号

F I

G 11 B 5/39

マーク(参考)

5 D 0 3 4

## 審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全11頁)

(21)出願番号 特願平11-4857

(22)出願日 平成11年1月12日(1999.1.12)

(71)出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72)発明者 近藤 玲子

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74)代理人 100072833

弁理士 柏谷 昭司 (外2名)

Fターム(参考) 5D034 BA03 BA08 BA15 BB08 CA09

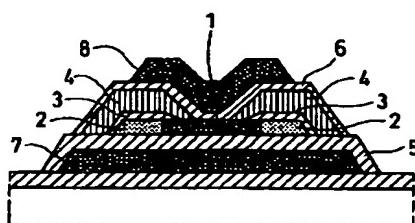
(54)【発明の名称】薄膜磁気ヘッド

(57)【要約】

本発明の原理的構成の説明図

【課題】 薄膜磁気ヘッドに関し、オーバーレイド構造に伴うオフトラック特性の悪化を回避するリード電極構造を提供する。

【解決手段】 記録媒体の磁気的信号を再生信号として検出する再生ヘッドを少なくとも備えた薄膜磁気ヘッドを構成する磁気抵抗効果素子1と一対の端子4とを、一部を除いて非導電体材料3で分離する。



- 1 : 磁気抵抗効果素子
- 2 : 磁区制御膜
- 3 : 非導電体材料
- 4 : 端子
- 5 : 下部リードギャップ層
- 6 : 上部リードギャップ層
- 7 : 下部磁気シールド層
- 8 : 上部磁気シールド層

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】記録媒体の磁気的信号を再生信号として検出する再生ヘッドを少なくとも備えた薄膜磁気ヘッドにおいて、前記記録媒体の磁気的信号を検出する磁気抵抗効果素子と一対のリード電極とを、一部を除いて非導電体材料で分離したことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】上記磁気抵抗効果素子の両端に一対の磁区制御膜を設けるとともに、前記一対の磁区制御膜の間隔を、上記一対のリード電極の間隔より広くしたことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】上記一対の非導電体材料の互いに対向する側が、90°未満のテーパー角を持つことを特徴とする請求項1または2に記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】上記一対の非導電体材料の膜厚が、上記磁気抵抗効果素子の感帶から離れるにしたがって厚くなっていることを特徴とする請求項3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】上記一対の非導電体材料が、上記磁気抵抗効果素子の保護膜の一部を置き換えた絶縁体によって構成されていることを特徴とする請求項1または2に記載の薄膜磁気ヘッド。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は薄膜磁気ヘッドに関するものであり、特に、ハードディスクドライブ(HDD)等の磁気記録装置の再生ヘッド(リードヘッド)に用いるオーバーレイド構造の磁気抵抗効果素子におけるオフトラック特性を改善するための構成に特徴のある薄膜磁気ヘッドに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】近年、コンピュータの外部記憶装置であるハードディスク装置等の小型化、大容量化の要請の高まりに伴い、高密度磁気記録が可能なハードディスク装置等の研究開発が急速に進められており、この様なハードディスク装置の高記録密度化を実現するためには、線記録密度とトラック密度を向上させる必要があるが、そのためには、記録ヘッドとしては、隣接するトラックとのクロストーク等の原因となる記録にじみを防止するために誘導型の薄膜磁気ヘッドの上部磁極先端部のライトポールのコア幅をより狭く形成するための技術が必要になる。

【0003】一方、再生ヘッドとしては再生出力が磁気記録媒体と磁気ヘッド間の相対速度に依存せずに高い出力が得られ、且つ、小型ディスクに対しても適用できる磁気抵抗効果素子(MR素子)を用いた再生専用の磁気ヘッドが注目されており、近年の高性能化の要請に応えるヘッドとして、この様なMR素子を用いた磁気ヘッドと誘導型の薄膜磁気ヘッドとを複合化した複合型薄膜磁気ヘッドが開発されており、記録ヘッドの記録ギャップと再生ヘッドの再生ギャップをそれぞれ最適化すること

によって、記録特性の向上と、再生分解能の向上を共に実現しようとしている。

【0004】ここで、図7を参照して、従来の複合型薄膜磁気ヘッドの概略的構成を説明する。

## 図7参照

図7は、従来の複合型薄膜磁気ヘッドを模式的に示した要部透視斜視図であり、スライダーの母体となるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板(図示せず)上に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜(図示せず)を介してNiFe合金等からなる下部磁気シールド層41を設け、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の下部リードギャップ層(図示せず)を介してNiFe、Ti、CoZrMoの積層構造等からなる磁気抵抗効果素子42を設けて所定の形状にバターニングしたのち、磁気抵抗効果素子42の両端にAu等からなる導電膜を堆積させてリード電極43を形成する。

【0005】次いで、再び、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の上部リードギャップ層(図示せず)を介してNiFe合金等からなる下部磁極層を兼ねる上部磁気シールド層44を設け、その上にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等からなるライトギャップ層(図示せず)を設けたのち、レジスト等の下部層間絶縁膜(図示せず)を介して水平スパイラル状のライトコイル45を形成するとともに、その両端にライト電極46を設け、次いで、レジスト等からなる上部層間絶縁膜(図示せず)を介して先端に幅細のライトポール48を有する形状の上部磁極層47を設ける。

【0006】次いで、全面にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を設けて保護膜(図示せず)としたのち、基板を切断し、ライトポール48の長さ、即ち、ギャップ深さを調整するための研削、研磨等を含めたスライダー加工を行うことにより磁気抵抗効果素子42を利用した再生用、即ち、リード用のMRヘッドと、記録用、即ち、ライト用の誘導型の薄膜磁気ヘッドとを複合化した複合型薄膜磁気ヘッドが得られる。

【0007】この場合、ライト電極46からライトコイル45に信号電流を流すことによって発生した磁束は下部磁極層を兼ねる上部磁気シールド層44と上部磁極層47とからなる磁極コアに導かれ、上部磁極層47の先端のライトポール48近傍においてライトギャップ層によって形成される記録ギャップによって磁束が外部に漏れ出て、記録媒体に信号が記録されることになる。また、逆に、記録媒体からの磁束を磁極コアで検出して信号を再生することもできるものであり、上部磁極層47の先端のライトポール48の幅がトラック幅となり、このトラック幅によって面記録密度が規定される。

【0008】一方、MRヘッドにおける再生原理は、リード電極43から一定のセンス電流を流した場合に、磁気抵抗効果素子42を構成する磁性薄膜の電気抵抗が記録媒体からの磁界により変化する現象を利用するものである。

【0009】この様な複合型薄膜磁気ヘッドをはじめと

した磁気ディスク装置においては、最近、大容量化と共に磁気記録媒体上のピット長及びトラック幅が急激に狭くなってきており、それに伴って磁気記録媒体からの信号も減少しているため、再生ヘッドのさらなる高感度化が要請されている。

【0010】この様な高感度化を目指す場合、MR膜が単磁区にならないとバルクハウゼンノイズが発生し、再生出力が大きく変動するので、MR膜の磁区を制御するために磁区制御膜を設けているが、この磁区制御膜を設けたことに伴う不感帯が感度向上の障害となるので、この事情を図8を参照して説明する。

#### 【0011】図8 (a) 参照

図8 (a) は、磁区制御膜を設けた従来のMRヘッドの概略的断面図であり、図7との関連で説明すると、スライダーの母体となるAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板51上に、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜52を介してNiFe合金等からなる下部磁気シールド層41を設け、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の下部リードギャップ層53を介してNiFe、Ti、CoZrMoの積層構造等からなる磁気抵抗効果素子42を設けて所定の形状にバーニングしたのち、磁気抵抗効果素子42の両端にCoCrPt等の高保磁力膜或いはPdPtMn等の反強磁性体膜からなる磁区制御膜54を設け、次いで、W/Ti/Ta多層膜等からなる導電膜を堆積させてリード電極43を形成する。

【0012】次いで、再び、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の上部リードギャップ層55を介してNiFe合金等からなる上部磁気シールド層44を設けることによって、MRヘッドの基本構成が完成する。

【0013】しかし、この場合、磁気抵抗効果素子42の両側の磁区制御膜54の接する近傍の領域の磁化が、磁区制御膜54によって固着されてしまうため、磁気記録媒体からの磁界に反応しない不感帯56が発生し、これにより、十分な感度が得られなくなるという問題が発生する。この様な不感帯56に伴う感度の低下を回避するために、オーバーレイド構造を採用しているので、この様な改良型のMRヘッドを図8 (b) を参照して説明する。

#### 【0014】図8 (b) 参照

図8 (b) は、オーバーレイド構造を採用した従来のMRヘッドの概略的断面図であり、基本的構成は図8 (a) のMRヘッドと全く同様であるが、この様なMRヘッドの場合には、リード電極43の間隔に比べて、磁区制御膜54の間隔を広くとる様な構造、即ち、オーバーレイド構造を採用したものであり、この様な構造にすることによって、不感帯56が再生出力を検出するリード電極43から遠ざかるため、磁気記録媒体の磁界に磁気抵抗効果素子42が十分反応して感度が向上することになる。

【0015】なお、近年、この様な磁気抵抗効果素子42を構成する膜として、巨大磁気抵抗効果膜としてスピ

ンバルブ膜等が用いられており、例えば、IBMにより「スピニ・バルブ効果利用の磁気抵抗センサ（特開平4-358310号公報参照）」或いは「二重スピニ・バルブ磁気抵抗センサ（特開平6-223336号公報参照）」が提案されているが、この磁気センサは、非磁性金属層によって分離された2つの結合していない強磁性体層を備え、一方の強磁性体層にFeMn或いはPdPtMn等で代表される反強磁性体層を付着して強磁性体層の磁化Mが固定されているサンドイッチ構造となっており、記録媒体からの微小な磁界に対し高い磁気抵抗効果が得られるといった点において、従来のインダクティブヘッド若しくはAMR (Anisotropy Magnetoo-Resistivity) 膜より格段に優れており、高感度リードヘッド素子として用いられている。

【0016】この磁気センサにおいて、磁気記録媒体等から外部磁場が印加されると、磁化が固定されていない他方の強磁性体層、即ち、フリー(free)層の磁化方向が外部磁場に一致して自由に回転するため、磁化が固定された強磁性体層、即ち、ピンド(pinned)層の磁化方向と角度差を生ずることになる。

【0017】この角度差に依存して伝導電子のスピニに依存した散乱が変化し、電気抵抗値が変化するので、この電気抵抗値の変化を定電流のセンス電流を流すことによって電圧値の変化として検出することによって、外部磁場の状況、即ち、磁気記録媒体からの信号磁場を取得するものであり、このスピニバルブ磁気抵抗センサの磁気抵抗変化率は約5%程度となる。

#### 【0018】

【発明が解決しようとする課題】しかし、実際のMRヘッドにおいては、再生出力を検出するリード電極43の間の領域を正確に磁気記録媒体の媒体トラック上で動作させることは機械的に不可能であり、したがって、MRヘッドと磁気記録媒体とがトラック幅方向にずれてしまうマージンを見込んで設計されている。

【0019】一方、このMRヘッドと磁気記録媒体とがトラック幅方向にずれた時の特性、即ち、オフトラック特性としても、所定の値をとる必要があるが、図8 (b) に示したオーバーレイド構造を採用した場合、不感帯56がリード電極43の間の領域から遠ざかるものの、磁気記録媒体からの磁界に反応できる領域、即ち、感帶が隣接する媒体トラックからの信号を読んでしまうという問題がある。

#### 【0020】再び、図8 (b) 参照

即ち、磁気抵抗効果素子42の不感帯56を除いた感帶領域は、再生対象の媒体トラック57のみならず、隣接する媒体トラック58、59にも対向しているので、この隣接する媒体トラック58、59からの信号も読んでしまうことになる。

#### 【0021】また、電流は、図において矢印で示すよう

にリード電極43と磁気抵抗効果素子42との接触部分全体からオーバーラップ部分に流れるため、感帶で読んでもしまった隣接する媒体トラック58、59からの信号を電気的に信号として出力してしまい、リード電極43の間隔を媒体トラック57の幅に対して規定することが不十分になってしまい、良好なオフトラック特性が取れなくなってしまうという問題がある。

【0022】したがって、本発明は、オーバーレイド構造に伴うオフトラック特性の悪化を回避するリード電極構造を提供することを目的とする。

### 【0023】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理的構成の説明図であり、この図1を参照して本発明における課題を解決するための手段を説明する。なお、図1は、MRヘッド、再生ヘッドの概略的要部断面図であり、図における符号5、6、7、8は、夫々下部リードギャップ層、上部リードギャップ層、下部磁気シールド層、及び、上部磁気シールド層である。

#### 図1 参照

(1) 本発明は、記録媒体の磁気的信号を再生信号として検出する再生ヘッドを少なくとも備えた薄膜磁気ヘッドにおいて、記録媒体の磁気的信号を検出する磁気抵抗効果素子1と一対の端子4とを、一部を除いて非導電体材料3で分離したことを特徴とする。

【0024】この様に、磁気抵抗効果素子1と一対の端子4とを、一部を除いて非導電体材料3で分離することによって、一対の端子4間の領域以外の磁気抵抗効果素子1の感帶で隣接するトラックの磁気的信号を読んでも、端子4から信号出力として出力されることがないことで、良好なオフトラック特性が得られる。なお、本願において、「再生ヘッドを少なくとも備えた薄膜磁気ヘッド」とは、少なくとも、MRヘッドとライト用薄膜ヘッドとを積層させた複合型薄膜磁気ヘッド及びMRヘッドのみの薄膜磁気ヘッドを含むことを意味する。

【0025】(2) また、本発明は、上記(1)において、磁気抵抗効果素子1の両端に一対の磁区制御膜2を設けるとともに、一対の磁区制御膜2の間隔を、一対の端子4の間隔より広くしたことを特徴とする。

【0026】この様に、オーバーレイド構造に対して非導電体材料3を設けることによって、オーバーレイド構造部分の電流検出を最小限にすることができる、それによって、高密度記録化に伴うトラック幅の減少に対応することのできる良好なオフトラック特性を得ることができる。

【0027】(3) また、本発明は、上記(1)または(2)において、一対の非導電体材料3の互いに対向する側が90°未満のテーザー角を持つことを特徴とする。

【0028】この様に、一対の非導電体材料3の互いに対向する側が90°未満のテーザー角を持たせることに

よって、この一対の非導電体材料3の上に設ける端子4を段切れ等の堆積不良を生ずることなく堆積することができ、それによって、端子4の信頼性を高めることができる。

【0029】(4) また、本発明は、上記(3)において、一対の非導電体材料3の膜厚が、磁気抵抗効果素子1の感帶から離れるにしたがって、厚くなっていることを特徴とする。

【0030】この様に、一対の非導電体材料3の膜厚を、磁気抵抗効果素子1の感帶から離れるにしたがって厚くすることによって、端子4の堆積不良を確実に回避することができる。

【0031】(5) また、本発明は、上記(1)または(2)において、一対の非導電体材料3が、磁気抵抗効果素子1の保護膜の一部を置き換えた絶縁体によって構成されていることを特徴とする。

【0032】この様に、一対の非導電体材料3を、磁気抵抗効果素子1の保護膜、例えば、Ta膜の一部を除去して絶縁体を埋め込んだり、或いは、Ta膜の表面を酸化して $Ta_2O_5$ に変換したりすることによって形成した絶縁体によって構成することにより、一対の非導電体材料3の表面を平坦化することができ、それによって、端子4の堆積不良を防止することができると共に、端子4の凹凸を少なくすることができるので、全体の高さを低くすることができる。

### 【0033】

【発明の実施の形態】ここで、図2及び図3を参照して、本発明の第1の実施の形態のMRヘッドの製造工程を説明する。

#### 図2 (a) 参照

まず、 $Al_2O_3-TiC$ 基板11上にスパッタリング法を用いて厚さ2μmの $Al_2O_3$ 膜12を堆積させたのち、選択電解メッキ法を用いて、100[Oe]の磁界を印加しながら、厚さが、1~3μm、例えば、3μmのNiFe膜を形成して下部磁気シールド層13とし、次いで、スパッタリング法を用いて、厚さが、例えば、500Å (=50nm) の $Al_2O_3$ 膜を堆積させたのち、イオンミリング法によって所定形状にパターンングすることによって下部リードギャップ層14を形成し、次いで、磁気抵抗効果素子を構成するためのスピンドルバブル膜15を堆積させる。

#### 【0034】図2 (b) 参照

このスピンドルバブル膜15としては、例えば、30[Oe]の磁界を印加しながらスパッタリング法を用いて、下地層となる厚さが、例えば、50ÅのTa膜16を形成したのち、厚さが、例えば、40ÅのNiFeフリー層17、厚さが、例えば、25ÅCoFeフリー層18、厚さが、例えば、25ÅのCu中間層19、厚さが、例えば、25ÅのCoFeビンド層20、厚さが20~300Å、例えば、250ÅのPdPtMn膜から

なる反強磁性体層21、及び、厚さが60ÅのTa保護膜22を順次積層させて形成する。なお、この場合のNiFeの組成は、例えば、Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>であり、CoFeの組成は、例えば、Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>であり、また、PdPtMnの組成は、例えば、Pd<sub>31</sub>Pt<sub>17</sub>Mn<sub>52</sub>である。

【0035】次いで、CoFeビンド層20の磁化方向を固定するために、成膜時に印加した磁界と直交する方向の200kA/mの直流磁場を印加しながら、真空中で230℃で1～3時間の熱処理を行うことによってPdPtMnからなる反強磁性体層21の磁化方向を印加した直流磁場の方向とする。なお、この場合、230℃の熱処理工程において、Cu中間層19を構成するCuとNiFeフリー層17との間の相互拡散が生じないように、両者の間にバリア層となるCoFeフリー層18を設けてフリー層を2層構造としている。

#### 【0036】図2(c) 参照

次いで、レジストパターン23をマスクとしてArイオンを用いたイオンミリングを施すことによって、スピナーパルプ膜15の露出部を除去したのち、全面に、磁区制御膜となる高保磁力膜であるCoCrPt膜24をスピナーパルプ膜15と同程度の厚さとなる様にスパッタリング法を用いて堆積させる。なお、この場合のCoCrPtの組成は、例えば、Co<sub>78</sub>Cr<sub>10</sub>Pt<sub>12</sub>である。

#### 【0037】図3(d) 参照

次いで、レジストパターン23上に堆積したCoCrPt膜24をレジストパターン23と共に除去したのち、新たなレジストパターン(図示せず)をマスクとしてイオンミリングを施すことによって、CoCrPt膜24を所定形状にバーニングして磁区制御膜25を形成し、次いで、再びスパッタリング法を用いて、厚さが、例えば、20nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜26を堆積させる。

#### 【0038】図3(e) 参照

次いで、磁区制御膜25及びスピナーパルプ膜15の不感帯を覆う形状のレジストマスク27を設けたのち、斜め方向から所定の入射角のArイオンを照射することによって、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜26の感帯に面した側がテーパー状になるようにエッチング除去することによって、保護絶縁膜28を形成する。なお、このテーパー角は、レジストパターン27の形状、レジストパターン27の高さ、及び、Arイオンの入射角等を制御することによって制御することが可能である。

#### 【0039】図3(f) 参照

次いで、レジストパターン27を除去したのち、レジストパターン(図示せず)を用いたリフトオフ法によって厚さが、例えば、10nmのTa膜、10nmのTiW膜、及び、80nmのTa膜を順次堆積させることによって、1対のリード電極29を形成し、次いで、再び、スパッタリング法によって、厚さが、例えば、500ÅのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を堆積したのち、イオンミリング法を用

いて所定形状にバーニングすることによって上部リードギャップ層30とし、次いで、選択電解メッキ法によって、厚さが、例えば、3.8μmのNiFe膜を成膜して上部磁気シールド層31とすることによってシングルスピナーパルプ素子を磁気抵抗効果素子としたMRヘッドの基本構成が完成する。

【0040】この様に、本発明の第1の実施の形態においては、オーバーレイド部分を覆うように保護絶縁膜28を設けて、リード電極29とスピナーパルプ膜15の本来の読取領域となる領域以外とを絶縁分離しているので、オーバーレイド部分での電流検出を抑制することができ、それによって、オフトラック特性を良好にすることができる。

【0041】また、本発明の第1の実施の形態においては、保護絶縁膜28の対向する側にテーパーを設けているので、リード電極29をスパッタリング法によって堆積する際に、保護絶縁膜28の端部において段切れやボイド(鬆)が発生することがなく、したがって、リード電極29の信頼性を高めることができる。

【0042】次に、図4を参照して、本発明の第2の実施の形態のMRヘッドの製造工程を説明する。

#### 図4(a) 参照

上記の第1の実施の形態と全く同様の工程で、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板11上にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜12を介して、下部磁気シールド層13、下部リードギャップ層14、スピナーパルプ膜15、及び、磁区制御膜25を形成する。

#### 【0043】図4(b) 参照

次いで、スピナーパルプ膜15の中央部を覆うと共に磁区制御膜25の周辺部を囲む形状のレジストパターン32を設け、所定の入射角になるようスパッタリングを行うことによって、所定のテーパー角を有し、且つ、感帶から離れるにしたがって膜厚が増加するAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜からなる絶縁保護膜33を形成する。なお、レジストパターン32上に堆積したAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜については図示を省略する。

【0044】この場合のテーパー角は、レジストパターン32の形状、レジストパターン32の高さ、及び、スパッタリング物質の入射角等を制御することによって制御することが可能である。

#### 【0045】図4(c) 参照

次いで、レジストパターン32を除去したのち、再び、上記の第1の実施の形態と全く同様な工程によって、一対のリード電極29、上部リードギャップ層30、及び、上部磁気シールド層31を設けることによって、シングルスピナーパルプ素子を磁気抵抗効果素子としたMRヘッドの基本構成が完成する。

【0046】この様に、本発明の第2の実施の形態においても、オーバーレイド部分を覆うように保護絶縁膜33を設けて、リード電極29とスピナーパルプ膜15の本来の読取領域となる領域以外とを絶縁分離しているの

で、オーバーレイド部分での電流検出を抑制することができ、それによって、オフトラック特性を良好にすることができる。

【0047】また、本発明の第2の実施の形態においては、保護絶縁膜33の対向する側にテーパーを設けるとともに、感帯から離れるにしたがって膜厚を増加させており、リード電極29をスパッタリング法によって堆積する際に、保護絶縁膜33の端部における段切れやポイド(鬆)が発生をより確実に抑制することができ、したがって、リード電極29の信頼性を高めることができる。なお、この場合のテーパー領域の始まりの領域の厚さの制御性及び信頼性は、上記の第1の実施の形態より若干劣る虞があり、それに伴って、電流の流れる領域が若干拡大する可能性がある。

【0048】次に、図5を参照して、本発明の第3の実施の形態のMRヘッドの製造工程を説明する。

#### 図5 (a) 参照

上記の第1の実施の形態と全く同様の工程で、 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiC}$ 基板11上に $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜12を介して、下部磁気シールド層13、下部リードギャップ層14、スピナブルブ膜15、及び、磁区制御膜25を形成する。

#### 【0049】図5 (b) 参照

次いで、スピナブルブ膜15の中央部及び磁区制御膜25の端部を覆う形状のレジストパターン34を設け、イオンミリングを施すことによって、スピナブルブ膜15の最上部に設けたTa保護膜22を除去したのち、この除去部分を $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜をスパッタリングによって埋め込むことによって、表面が平坦で、スピナブルブ膜15の中央部の高さとほぼ一致した保護絶縁膜35を形成する。なお、レジストパターン34上に堆積した $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜については図示を省略する。

#### 【0050】図5 (c) 参照

次いで、レジストパターン34を除去したのち、再び、上記の第1の実施の形態と全く同様な工程によって、一対のリード電極29、上部リードギャップ層30、及び、上部磁気シールド層31を設けることによって、シングルスピナブルブ素子を磁気抵抗効果素子としたMRヘッドの基本構成が完成する。

【0051】この様に、本発明の第3の実施の形態においても、オーバーレイド部分を覆うように保護絶縁膜35を設けて、リード電極29とスピナブルブ膜15の本来の読取領域となる領域以外とを絶縁分離しているので、オーバーレイド部分での電流検出を抑制することができ、それによって、オフトラック特性を良好にすることができる。

【0052】また、本発明の第3の実施の形態においては、保護絶縁膜35の表面を平坦に、且つ、スピナブルブ膜15の中央部の高さとほぼ一致させているので、リード電極29をスパッタリング法によって堆積する場合に、リード電極29を凹凸を少なく成膜することができる。

き、それによって、全体の高さを低くすることができる。

【0053】次いで、図6を参照して、本発明の第4の実施の形態をMRヘッドを説明する。

#### 図6 参照

図6は、本発明の第4の実施の形態のMRヘッドの概略的断面図であり、その製造工程は、磁区制御膜を設けない以外は上記の第1の実施の形態と実質的に同様であるので説明を省略するが、この本発明の第4の実施の形態の特徴点は、磁区制御膜を設けずにスピナブルブ膜36をトラック幅方向により長く形成したものである。

【0054】即ち、一般に強磁性膜の磁化特性は形状依存性があり、細長い方向に沿って磁化し易くなるので、スピナブルブ膜36をトラック幅方向により長く形成することによって、スピナブルブ膜36の磁化方向を再現性良くトラック幅方向に規定することができ、それによって、磁区制御膜を設けなくとも単磁区化が可能になる。

【0055】この場合においても、高記録密度化に伴うトラック幅の減少に対応できる良好なオフトラック特性を得る必要があり、そのためには、保護絶縁膜28を設けることによってリード電極29とスピナブルブ膜36の電気的接続領域を限定し、スピナブルブ膜36の本来の読取領域となる領域以外とを絶縁分離しているので、本来の読取領域となる領域以外において隣接するトラックの記録磁界を読み取っても、信号出力としてリード電極29から出力されることはなく、オフトラック特性を良好にすることができる。

【0056】以上、本発明の各実施の形態を説明してきたが、本発明は各実施の形態に記載した構成に限られるものではなく、各種の変更が可能である。例えば、上記の各実施の形態の説明においては、下部磁気シールド層13及び上部磁気シールド層31を選択電解メッキ法を用いてNiFeによって構成しているが、NiFeと同様に保磁力の小さな軟磁性膜であるCoFeNiSやCoFeを用いても良いものであり、成膜方法としても電解メッキ法で全面に堆積させたのちイオンミリング法によってパターニングしても良いものであり、或いは、スパッタリング法を用いてリフトオフによってパターニングしても良いし、さらには、全面に堆積させたのち、イオンミリング法によってパターニングしても良いものである。なお、電解メッキ法を用いる場合には、予めメッキベース層を設けておくことが望ましい。

【0057】また、本発明の各実施の形態の説明において、 $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{TiC}$ 基板11上に設ける下地絶縁膜、保護絶縁膜28、33、35、下部リードギャップ層14、及び、上部リードギャップ層30として $\text{Al}_2\text{O}_3$ を用いているが、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ に限られるものではなく、例えば、SiO<sub>2</sub>を用いても良いものであり、また、成膜法としてもスパッタリング法に限られるもので

ではなく、蒸着法或いはCVD法を用いても良いものである。

【0058】また、本発明の各実施の形態の説明においては、磁気抵抗効果素子としてスピナルブ膜15、即ち、NiFe/CoFe/Cu/CoFe/PdPtMnからなるシングルスピナルブ素子を用いているが、この様なシングルスピナルブ素子に限られるものではなく、例えば、NiFe/Cu/NiFe/FeMn等の他の積層構造のシングルスピナルブ素子を用いても良いものであり、さらには、ダブルスピナルブ素子を用いても良いものである。

【0059】また、磁気抵抗効果素子としてスピナルブ膜15の代わりに、NiFe等の異方性磁気抵抗効果膜、CoFeとCuを例えれば交互に10周期堆積させた[CoFe/Cu]10等の人工格子膜、或いは、スピナルブ膜におけるCu中間層19をトンネル絶縁膜に置き換えた強磁性トンネル接合構造を有する素子を用いても良いものである。

【0060】また、上記の各実施の形態の説明においては、磁区制御膜として、高保磁力膜のCoCrPtを用いているが、CoCrPtに限られるものではなく、CoPt、CoCr等の他の高保磁力膜を用いても良く、さらには、PdPtMn等の反強磁性体膜を用いても良いものである。

【0061】また、上記の各実施の形態においては、NiFe、CoFe、PdPtMn、及び、CoCrPtとして、夫々、Ni<sub>81</sub>Fe<sub>19</sub>、Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>、Pd<sub>31</sub>Pt<sub>17</sub>Mn<sub>52</sub>、及び、Co<sub>78</sub>Cr<sub>10</sub>Pt<sub>12</sub>を用いているが、この様な組成比に限られるものではなく、必要とする磁気特性及び加工特性等に応じて適宜組成比を選択すれば良いものである。

【0062】また、上記の本発明の各実施の形態の説明においては、リード電極29としてTa/TiW/Ta積層構造膜を用いているが、この様な積層構造膜に限られるものではなく、Au膜を用いても良いし、或いは、単独のW膜やTa膜を用いても良いものである。

【0063】また、上記の本発明の各実施の形態の説明においては、基板としてAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板を用いているが、表面にSiO<sub>2</sub>膜を形成したSi基板或いはガラス基板等の基板を用いても良いものである。

【0064】また、上記の第3の実施の形態においては、保護絶縁膜35を、スピナルブ膜15の最上層に設けたTa保護膜22の少なくとも一部を除去したのち、除去部にAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜を堆積させて形成しているが、Ta保護膜22を酸化してTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜として、このTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>膜を保護絶縁膜としても良いものであり、この場合、全体の表面を平坦化するために、Ta保護膜22の一部を除去したのち酸化することが望ましい。

【0065】また、上記の第4の実施の形態は、上記の第1の実施の形態に対応するものであるが、保護絶縁膜

の形成工程としては、上述の構成に限られるものではなく、上記の第2の実施の形態或いは第3の実施の形態と同様な製造工程で形成しても良いものである。

【0066】また、本発明の各実施の形態の説明においては、単独のMRヘッド構造として説明しているが、本発明はこの様な単独のMRヘッドに限られるものではなく、図7に示した様な誘導型の薄膜磁気ヘッドと積層した複合型薄膜磁気ヘッドにも適用されるものである。

【0067】

【発明の効果】本発明によれば、薄膜磁気ヘッドを構成する磁気抵抗効果素子の本来の読取領域となる領域以外とリード電極とを絶縁分離しているので、電流分布を制御することができ、それによって、オーバーレイド構造で問題となるオーバーラップ部分の電流検出を最小限にできるので、高記録密度化に伴うトラック幅の減少に対応できる良好なオフトラック特性を得ることができ、ひいては、高記録密度のHDD装置の普及に寄与するところが大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理的構成の説明図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態の途中までの製造工程の説明図である。

【図3】本発明の第1の実施の形態の図2以降の製造工程の説明図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態の製造工程の説明図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態の製造工程の説明図である。

【図6】本発明の第4の実施の形態のMRヘッドの概略的断面図である。

【図7】従来の複合型薄膜磁気ヘッドの要部透視斜視図である。

【図8】従来のMRヘッドの説明図である。

【符号の説明】

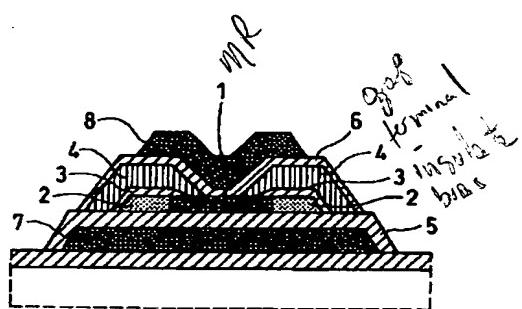
- 1 磁気抵抗効果素子
- 2 磁区制御膜
- 3 非導電体材料
- 4 端子
- 5 下部リードギャップ層
- 6 上部リードギャップ層
- 7 下部磁気シールド層
- 8 上部磁気シールド層
- 11 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板
- 12 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜
- 13 下部磁気シールド層
- 14 下部リードギャップ層
- 15 スピナルブ膜
- 16 Ta膜
- 17 NiFeフリー層
- 18 CoFeフリー層

- 19 Cu中間層  
20 CoFeピンド層  
21 反強磁性体層  
22 Ta保護膜  
23 レジストパターン  
24 CoCrPt膜  
25 磁区制御膜  
26 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜  
27 レジストパターン  
28 保護絶縁膜  
29 リード電極  
30 上部リードギャップ層  
31 上部磁気シールド層  
32 レジストパターン  
33 保護絶縁膜  
34 レジストパターン  
35 保護絶縁膜  
36 スピンバルブ膜

- 41 下部磁気シールド層  
42 磁気抵抗効果素子  
43 リード電極  
44 上部磁気シールド層  
45 ライトコイル  
46 ライト電極  
47 上部磁極層  
48 ライトポール  
51 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-TiC基板  
52 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜  
53 下部リードギャップ層  
54 磁区制御膜  
55 上部リードギャップ層  
56 不感帯  
57 媒体トラック  
58 媒体トラック  
59 媒体トラック

【図1】

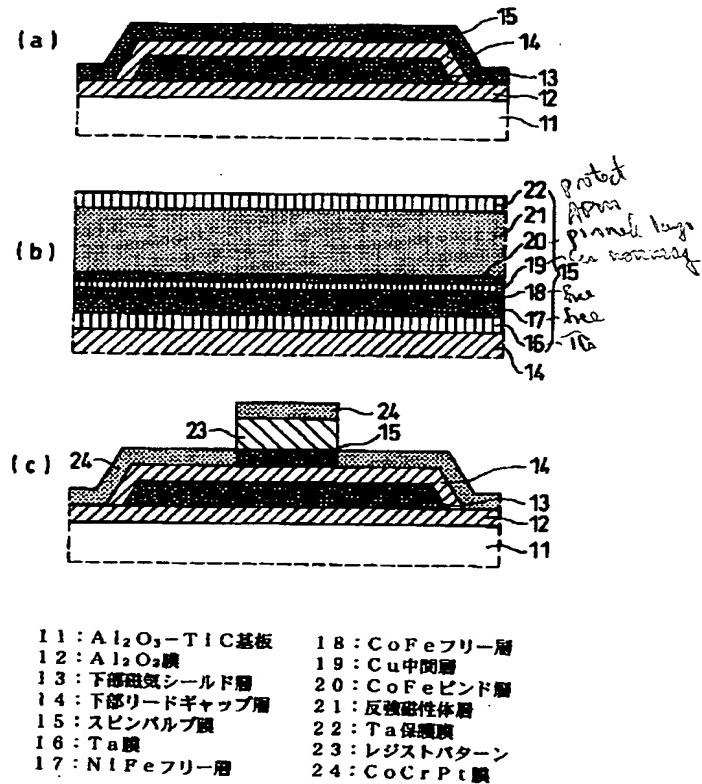
本発明の原理的構成の説明図



- 1 : 磁気抵抗効果素子  
2 : 磁区制御膜  
3 : 非電導体材料  
4 : 磁子  
5 : 下部リードギャップ層  
6 : 上部リードギャップ層  
7 : 下部磁気シールド層  
8 : 上部磁気シールド層

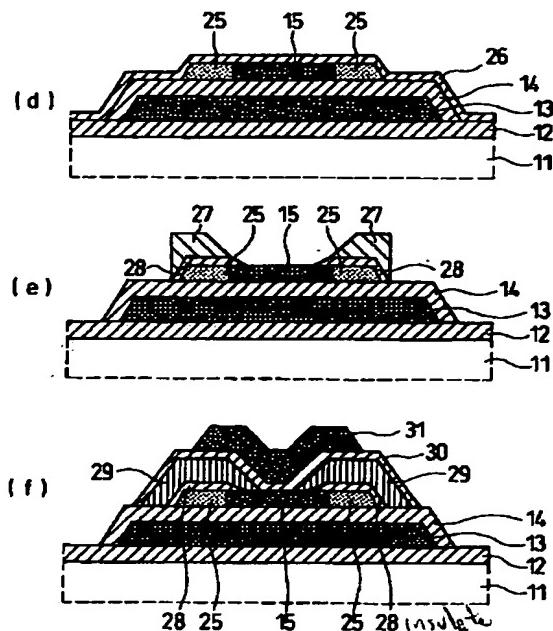
【図2】

本発明の第1の実施の形態の途中までの製造工程の説明図



【図3】

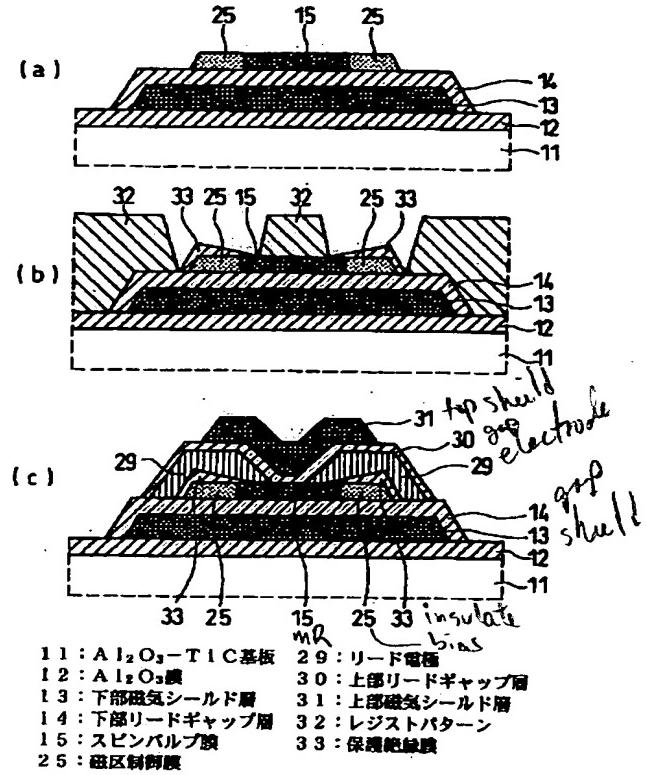
本発明の第1の実施の形態の図2以降の製造工程の説明図



- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 11 : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -TIC 基板 | 26 : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 膜 |
| 12 : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 膜       | 27 : レジストパターン                         |
| 13 : 下部磁気シールド層                              | 28 : 保護絶縁膜                            |
| 14 : 下部リードギャップ層                             | 29 : リード電極                            |
| 15 : スピンバルブ膜                                | 30 : 上部リードギャップ層                       |
| 25 : 磁区制御膜                                  | 31 : 上部磁気シールド層                        |

【図4】

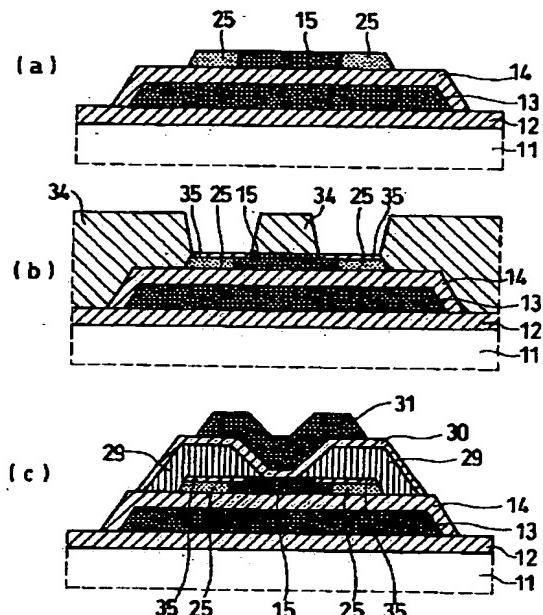
本発明の第2の実施の形態の製造工程の説明図



- |   |                 |
|---|-----------------|
| 11 : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -TIC 基板 | 29 : リード電極      |
| 12 : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 膜       | 30 : 上部リードギャップ層 |
| 13 : 下部磁気シールド層                              | 31 : 上部磁気シールド層  |
| 14 : 下部リードギャップ層                             | 32 : レジストパターン   |
| 15 : スピンバルブ膜                                | 33 : 保護絶縁膜      |
| 25 : 磁区制御膜                                  | MR bias         |

【図5】

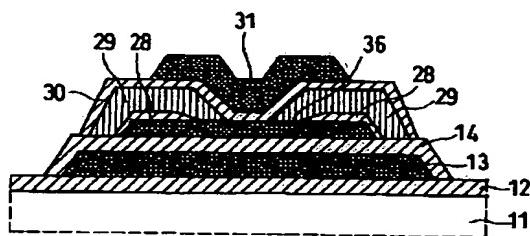
本発明の第3の実施の形態の製造工程の説明図



- |                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| 1 1 : $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TIC 基板 | 2 9 : リード電極      |
| 1 2 : $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜       | 3 0 : 上部リードギャップ層 |
| 1 3 : 下部磁気シールド層                       | 3 1 : 上部磁気シールド層  |
| 1 4 : 下部リードギャップ層                      | 3 4 : レジストパターン   |
| 1 5 : スピンバルブ膜                         | 3 5 : 保護絶縁膜      |
| 2 5 : 磁区制御膜                           |                  |

【図6】

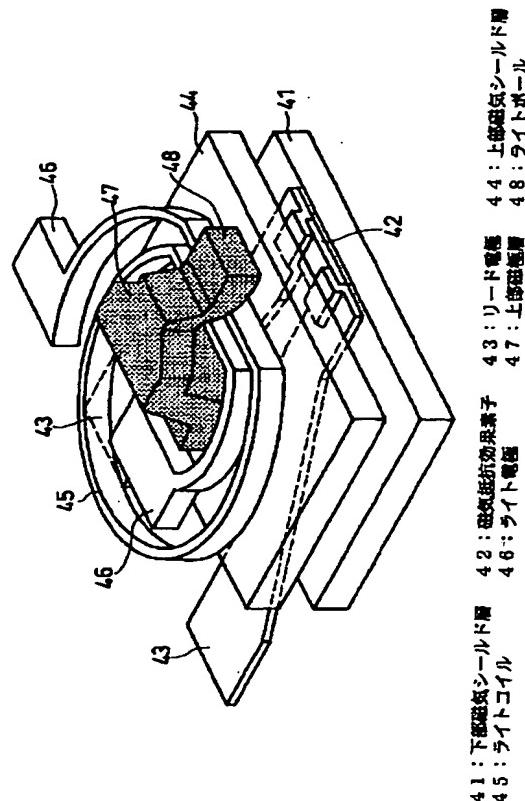
本発明の第4の実施の形態のMRヘッドの概略的断面図



- |                                       |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| 1 1 : $\text{Al}_2\text{O}_3$ -TIC 基板 | 2 9 : リード電極      |
| 1 2 : $\text{Al}_2\text{O}_3$ 膜       | 3 0 : 上部リードギャップ層 |
| 1 3 : 下部磁気シールド層                       | 3 1 : 上部磁気シールド層  |
| 1 4 : 下部リードギャップ層                      | 3 4 : レジストパターン   |
| 1 5 : スピンバルブ膜                         | 3 5 : 保護絶縁膜      |
| 2 8 : 保護絶縁膜                           | 3 6 : スピンバルブ膜    |

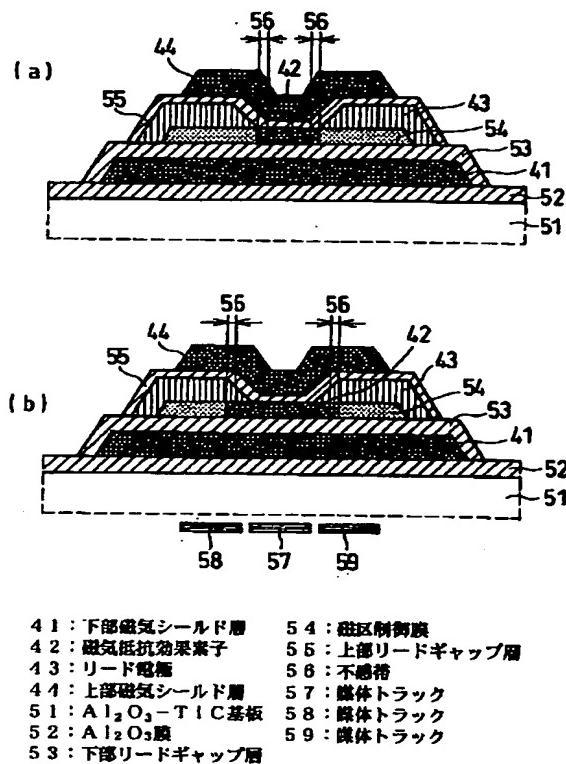
【図7】

従来の複合型薄膜磁気ヘッドの要部透視斜視図



【図8】

従来のMRヘッドの説明図



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**